

テラヘルツ量子カスケードレーザの水平横モードに対する光制御

Optical control of lateral-transverse-modes in wide-ridge terahertz quantum cascade laser

○酒瀬川 洋平¹, 齋藤 伸吾¹, 関根徳彦¹, 笠松章史¹, 芦田昌明², 竇迫巖¹

情報通信研究機構¹, 大阪大学大学院 基礎工学研究科²

○Y. Sakasegawa¹, S. Saito¹, N. Sekine¹, M. Ashida², and I. Hosako¹
NICT¹, Osaka Univ.²

E-mail: ysaka@nict.go.jp

近年のデジタルガジェットの普及等は室内無線のより一層の高速化を強く要請しており、テラヘルツ周波数帯の電磁波をキャリアとした超高速無線通信の実現が待望されている。そこでは大気中での伝搬に伴う水蒸気吸収を克服する必要がある、サブワットクラスの出力を有するテラヘルツ帯量子カスケードレーザ (THzQCL) はキャリア光源として大変魅力的である。しかし、通信帯、マイクロ・ミリ波帯等の半導体光源と異なり、THzQCL を対象とした変調技術に関しては未だ発展の初期段階にある。この背景の下、我々は近赤外光を用いた THzQCL の光誘起強度変調に成功してきた [1]。一方、周波数変調は、(強度変調に対し) ノイズに強い利点を有することが知られている。今回、その実現に向けた近赤外光誘起による THzQCL の発振モードの制御について報告する。

実験に用いた QCL 素子は、共鳴 phonon 型の活性層構造 [2] と半絶縁プラズモン導波路を組み合わせた多モードファブリペロー共振器レーザである(発振波長 $\sim 100 \mu\text{m}$ (3.3 THz), 共振器サイズ: 幅 $200 \mu\text{m}$, 長さ 3 mm , 活性層厚み $20 \mu\text{m}$)。続いて、再生増幅レーザを用いて生成した近赤外光パルス ($\lambda = 800 \text{ nm}$, 時間幅 150 fs) を、QCL の共振器端面に照射し、端面から深さ $\sim 3 \mu\text{m}$ の領域に高密度フォトキャリアプラズマ ($> 10^{18} \text{ cm}^{-3}$) を生成させた。時間遅延 τ の後にパルス電圧 (時間幅 200 ns) により QCL を駆動した。続いて、自家製の測定器 (Czerny-Turner 型小型分光器と pyroelectric 検出器からなる) を用い、照射側端面からの QCL 発振スペクトルを測定した。

図 1 にスペクトル測定の結果を示す。矢印 0-4 で示す 5 つの明瞭なピークは近赤外光注入の有無に対して周波数軸上で不動であり、これらは計算との比較から 5 つの水平横モード TM_{0m} ($m = 0, 1, 2, 3, 4$) に帰属していることがわかっている。バイアス電流増加に伴うスペクトル中心周波数の増大は Stark 効果に起因するものである。光注入の効果として、閾値電流付近 ($I = 5.1 \text{ A}$) から線形出力の領域 ($I = 5.4, 6.0 \text{ A}$) において横モード間のホッピングが観測されたのに対し、飽和領域 ($I = 6.4, 6.8 \text{ A}$) においては強度抑制のみが観測された。また、これら光パルス注入によるスペクトル変化については、各横モードの空間分布と注入パルス形状の空間的重なり、 $O_m = \int_{-W/2}^{W/2} |E_m(x)|^2 \exp(-8x^2/\phi^2) dx$ に基づいた実効的ミラー損失を考慮することで定性的に説明できることが明らかになった。ここで、 $E_m(x)$ は TM_{0m} モードの共振器幅方向の電界分布、 $\exp(-8x^2/\phi^2)$ は共振器端面における近赤外光強度分布 (スポット直径 $\phi = 100 \mu\text{m}$), 共振器幅 $W = 200 \mu\text{m}$ を表す。

【参考文献】 [1] 酒瀬川他, 第 73 回応用物理学会学術講演会; N. Sekine and I. Hosako, *Appl. Phys. Lett.* **95**, 201106 (2009). [2] B. Williams et al., *Appl. Phys. Lett.* **83**, 5142 (2003).

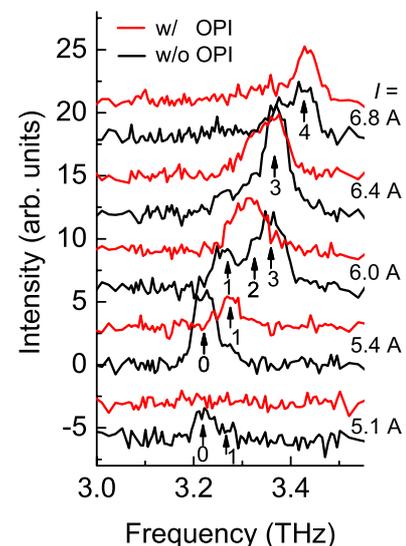


図 1 近赤外光注入時 ($\tau = 0 \text{ ns}$) の THzQCL の発振スペクトル (各バイアス電流 I に対して)。